

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **04328549 A**

(43) Date of publication of application: **17.11.92**

(51) Int. Cl

**G03F 1/08**  
**G01N 21/88**  
**H01L 21/027**

(21) Application number: **03125356**

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(22) Date of filing: **26.04.91**

(72) Inventor: **YABUMOTO SEIICHI**

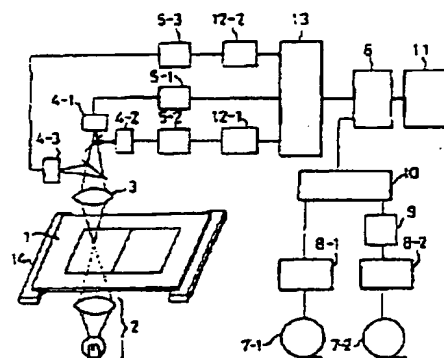
**(54) METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING  
PHOTOMASK**

**(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To precisely detect the flaws, transparent and semitransparent foreign matters of transparent film such as the phase shift layer of a phase shift photomask.

**CONSTITUTION:** As for the method and the device for inspecting the photomask 1, the photomask 1 is transmitted and illuminated. Then, it is inspected by using together of the images which are pattern images obtained by enlarging and image-forming a pattern on the photomask 1, a focused image, and the images which are a little defocused in a front and rear focusing direction within the range several times as wide as the depth of focus. Or it is inspected by using together two defocused images which are a little defocused in the front focusing direction and the rear focusing direction except the first focused image.

**COPYRIGHT:** (C)1992,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-328549

(43) 公開日 平成4年(1992)11月17日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	S	7369-2H		
G 0 1 N 21/88	E	2107-2J		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 0 1 V

審査請求 未請求 請求項の数5(全6頁)

(21) 出願番号 特願平3-125356

(22) 出願日 平成3年(1991)4月26日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 蔵本 誠一

東京都品川区西大井1-6-3 株式会社

ニコン大井製作所内

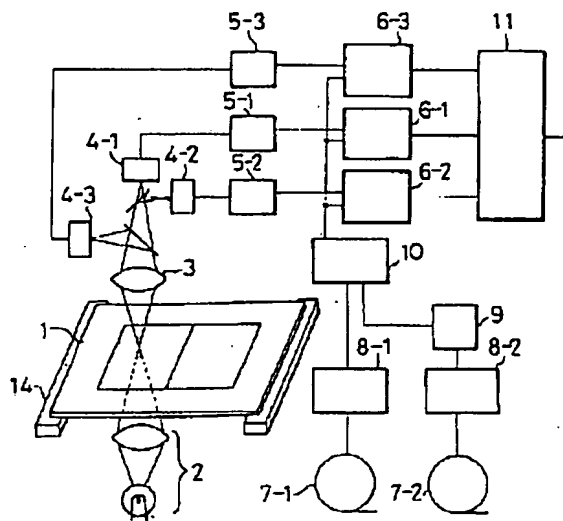
(74) 代理人 弁理士 池内 義明

(54) 【発明の名称】 フォトマスクの検査方法および装置

(57) 【要約】

【目的】 位相シフトフォトマスクの位相シフト層のような透明膜の欠陥、透明および半透明の異物などをも適確に検出可能とする。

【構成】 フォトマスクの検査方法および装置において、フォトマスクを透過照明し、該フォトマスク上のパターンを拡大結像したパターン画像であって、フォーカスの合った画像、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした画像を合わせ用いてフォトマスクの検査を行なう。あるいは、上記において、フォーカスの合った第1の画像を除き、前ピン方向および後ピン方向にわずかにデフォーカスした2つのデフォーカス画像を合わせ用いてフォトマスクの検査を行なう。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトマスクを透過照明し、該フォトマスク上のパターンを拡大結像したパターン画像であって、フォーカスの合った第1の画像、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした第2の画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした第3の画像を検出し、かつ前記第1、第2、および第3の画像を合せ用いて前記フォトマスクの検査を行なうことを特徴とするフォトマスクの検査方法。

【請求項2】 フォトマスクを透過照明し、該フォトマスク上のパターンを拡大結像したパターン画像であって、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした画像を検出し、かつ前記2つのデフォーカス画像を合せ用いて前記フォトマスクの検査を行なうことを特徴とするフォトマスクの検査方法。

【請求項3】 前記第1、第2、および第3の画像の各々の検査結果を論理的に合成することにより前記フォトマスクの検査を行なうことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの検査方法。

【請求項4】 フォトマスクを支持する手段と、該手段により支持されたフォトマスクを透過照明する手段と、該フォトマスク上のパターンを拡大結像する手段と、前記フォトマスクの拡大結像されたパターン画像であって、フォーカスの合った第1の画像、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした第2の画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした第3の画像を得る手段と、前記第1、第2、および第3の画像を合せ用いてフォトマスクの検査を行なう手段と、を具備することを特徴とするフォトマスクの検査装置。

【請求項5】 フォトマスクを支持する手段と、該手段により支持されたフォトマスクを透過照明する手段と、該フォトマスク上のパターンを拡大結像する手段と、前記フォトマスクの拡大結像されたパターン画像であって、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした画像を得る手段と、前記2つのデフォーカス画像を合せ用いてフォトマスクの検査を行なう手段と、を具備することを特徴とするフォトマスクの検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、フォトマスクの検査方法および装置に関し、例えば半導体製造装置において使用されるフォトマスク（レチクルを含む）のパターン欠陥、とりわけ位相シフトフォトマスクのマスク透過部に設けられた位相シフト層のパターン欠陥およびピンスポ

ット、ピンホールなどの透明あるいは半透明な微小欠陥、およびフォトマスクに付着した透明または半透明な微小異物を適確に検出する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 フォトマスクのパターン欠陥の検査は、従来例えば図4および図5に示される検査装置によって行なわれていた。

【0003】 図4の検査装置は、フォトマスク20の隣接チップ（ダイ）のパターンをそれぞれ撮像レンズ21a、21bを介し撮像センサ22a、22bにより取込み、フレームメモリ23a、23bを介して比較手段24に入力して比較するものであり、この比較手段24による比較結果を欠陥検出手段25によって総合判定しパターン欠陥を検出するものである。このような装置によって行なわれる検査方式はチップ比較方式と称される。

【0004】 また、図5の検査装置においては、フォトマスク20のパターンを投影レンズ21を介し撮像センサ22で検出しフレームメモリ23aに記憶する。そして、磁気テープ装置26で入力されたパターン設計データを他のフレームメモリ23c上にパターン展開し、比較手段24において両方のフレームメモリ23a、23cからのデータを比較し欠陥検出手段25により総合的に欠陥判定を行なうものである。このような装置による比較方式はデータ比較方式と称される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記いずれの検査装置においても、フォトマスクを透過照明しこれを光学顕微鏡によって拡大してパターンの拡大像を得、この拡大像を用いて検査を行なっているため、透明なパターン部分の欠陥検査は困難であるかあるいは不可能であった。特に、位相シフトフォトマスクのマスク透過部に形成されたシフト層の欠陥、あるいはマスクに付着した透明または半透明の異物などの検知は非常に困難であるかあるいは不可能であった。

【0006】 本発明の目的は、前述の従来例の装置における問題点に鑑み、従来の検査装置でも検出が可能であった欠陥、異物に加えてこれらの従来の装置では検出が不可能であった位相シフト部の欠陥、透明または半透明の異物などの検出をも可能とし、フォトマスクのより適確な検査が行なわれるようにすることにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明によれば、フォトマスクの新規な検査方法が提供され、該方法は、フォトマスクを透過照明し、該フォトマスク上のパターンを拡大結像したパターン画像であって、フォーカスの合った第1の画像、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした第2の画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした第3の画像を検出し、かつ前記第1、第2、および第3の画像を合わせ用いて前記

フォトマスクの検査を行なうことを特徴とする。

【0008】また、上記検査方法において、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした画像および後ピン方向にわずかにデフォーカスした画像の2つのデフォーカス画像のみを合わせ用いてフォトマスクの検査を行なうことも可能である。

【0009】また、上記フォトマスクの検査方法において、前記第1、第2、および第3の画像の各々の検査結果を論理的に合成することにより前記フォトマスクの検査を行なうともできる。

【0010】あるいは、前記第1、第2、および第3の画像を合成した後前記フォトマスクの検査を行なうこともできる。

【0011】さらに、本発明によれば、フォトマスクの新規な検査装置が提供され、該装置は、フォトマスクを支持する手段と、該手段により支持されたフォトマスクを透過照明する手段と、該フォトマスク上のパターンを拡大結像する手段と、前記フォトマスクの拡大結像されたパターン画像であってフォーカスの合った第1の画像、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした第2の画像、および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスした第3の画像を得る手段と、前記第1、第2、および第3の画像を合わせ用いてフォトマスクの検査を行なう手段とを具備することを特徴とする。

【0012】また、上記フォトマスクの検査装置において、前記フォトマスクの拡大結像されたパターン画像であって、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスした画像および後ピン方向にわずかにデフォーカスした画像の2つのデフォーカス画像のみを用いてフォトマスクの検査を行なうように構成することもできる。

【0013】

【作用】上記構成において、フォトマスクを透過照明し該フォトマスク上のパターンを光学顕微鏡などで拡大すると、フォーカスの合った第1の再像はフォトマスクのクロム(Cr)などによるパターンの欠陥に加えて、位相シフト層のエッジ欠陥、コーナー欠陥、大きなピンホール欠陥、大きなピンスポット欠陥などに対応する。また、フォトマスク上のパターンをデフォーカスしたパターン画像には、位相シフト層のような透明膜部分の微小なピンホール欠陥と微小なピンスポット欠陥を含んでいる。従って、フォーカスの合った第1の画像、前ピン方向にわずかにデフォーカスした第2の画像、後ピン方向にわずかにデフォーカスした第3の画像の3つを用いて欠陥検出を行なうことにより、すべての欠陥が検出できることになる。なお、前ピンおよび後ピンの2つのデフォーカス像を用いるのは、透明膜中のピンホール欠陥およびピンスポット欠陥をそれぞれ検出するためである。

【0014】また、デフォーカス量がわずかであるので

デフォーカス画像からクロム(Cr)などのパターン欠陥、位相シフト層の大きな欠陥を検出することも可能である。従って2つのデフォーカス画像のみを用いて検査を行なうことも可能であり、この場合もピンホール欠陥およびピンスポット欠陥などの内微小なものおよび異物を含めフォトマスクの欠陥、異物を適確に検出することができる。

【0015】前記第1、第2、第3の画像により、あるいは前記第2および第3の画像によりフォトマスクの検査を行なう場合には、各画像ごとに検査を行ない、この検査結果を論理的に合成することにより、すべての欠陥が検出できる。また、各画像を合成した後検査を行なうことも可能である。

【0016】

【実施例】本発明の実施例につき説明するに先立ち、本発明の原理につき若干の説明を行なう。透過照明されたフォトマスクを光学顕微鏡で観察すると、該フォトマスクのクロムなどによるパターンは濃淡情報として観察できる。これに対し、位相シフトフォトマスクの位相シフト層のような透明膜は透過率が1に近いから、そのパターンを濃淡画像として観察することはできないが、透明膜パターンのエッジ部分が暗線となって観察されることが知られている。これはエッジ部で照明光が反射、散乱され、おおよそ透明膜を透過した光と透明膜のないところを通った光がエッジ部で回折して互いに干渉しあうことによるものである。エッジ部の形状がシャープでない時は前者の反射、散乱が支配的であり、エッジ部の形状がシャープになると後者の回折による干渉が支配的となる。

【0017】後者のエッジ部がシャープな場合における暗線のコントラストをよくするには、光の干渉性をよくすればよい。すなわち、透明膜の位相差が180度になるように照明光の波長を選択することと、照明系のコヒーレンスファクタすなわちシグマ( $\sigma$ )を小さくすることが重要である。但し、シグマ( $\sigma$ )を小さくしすぎるとパターンエッジ部でリングングが目立ってくるため、最適値は $\sigma=0.4$ 近辺と考えられる。

【0018】このような原理により、透明膜に開いたピンホール欠陥、透明膜のないところに形成されたピンスポット欠陥も大きさが十分にあれば、透過照明による光学顕微鏡でも輪郭が暗線として観察される。しかしながら、これらの欠陥部の大きさが小さくなるにつれて、輪郭部のエッジがシャープでなくなり急波に見えなくなってしまう。

【0019】このようなエッジ部分がだれ、厚みが連続的に変化しているような透明物体を観察するには位相差を強調する方法が適している。位相差顕微鏡を使用してこの厚み変化を見ることも可能である。しかしながら、本発明においては、自動検査に適したより簡単な方法として画像のデフォーカス、すなわちピントずらしを使用

する。

【0020】例えば図1の(a)に示すような位相シフトフォトマスクにおいて、透明膜パターン部1aにピンホール欠陥1bが存在し、透明膜のない領域に透明なピンスポット欠陥1cが存在するものとする。

【0021】また、図1の(b)は、図1の(a)におけるA-A'線に沿った断面図であり、この断面図から明らかなように、ピンホール欠陥1bおよびピンスポット欠陥1cの内、大きな欠陥部分では輪郭エッジ部分の段差が十分にありかつシャープになっている。これに対し、小さなピンホール欠陥および小さなピンスポット欠陥では輪郭エッジの段差が十分大きくなく、かつシャープではない。

【0022】このようなフォトマスクを透過照明して光学顕微鏡で拡大観察すると、図1の(c)に示すようにフォーカスが合った状態、すなわちベストフォーカス状態では、透明膜パターン1aのエッジ部分、ピンホール欠陥1bの内大きなもののエッジ部分、およびピンスポット欠陥1cの内大きなもののエッジ部分のみが暗線となって観察される。

【0023】これに対し、顕微鏡のフォーカスを焦点深度の数倍の範囲内程度で、最善の位置からわずかにずらすことによって、シフト層エッジ部などの暗線にはほとんど変化を起こすことなく、ベストフォーカス状態では見えなかった微小なピンホール欠陥およびピンスポット欠陥のエッジ部分が暗点あるいは輝点として観察可能になる。これは、デフォーカスによって、透明物体の厚みの変化による位相差を干渉させて強調させることが可能になり、暗点または輝点として可視化されるためである。これは、一種の疑似解像であるとも考えられる。勿論、デフォーカスの方向、すなわち前ピンか後ピンかによって、微小なピンホール欠陥が暗点となるか、微小なピンスポットが暗点となるかが交代する。輝点となるかあるいは暗点となるかも同様にデフォーカス方向で変わる。これらの状態は、図1の(c)に示されている。

【0024】本発明では、このような現象を位相シフト層の欠陥検出に応用する。すなわち、ベストフォーカス像、デフォーカス像(前ピン)、デフォーカス像(後ピン)の3つの像、あるいは2つのデフォーカス像のみを用いて欠陥検出を行なうことによりすべての欠陥の検出が可能になる。この場合、ベストフォーカス像でフォトマスクの通常のクロムパターンの欠陥の他に、位相シフト層のエッジ欠陥、コーナー欠陥、大きなピンホール欠陥、大きなピンスポット欠陥が検出でき、また2つのデフォーカス像から位相シフト層の微小なピンホール欠陥と微小なピンスポット欠陥が検出できる。

【0025】図2は、本発明の第1の実施例に係わるフォトマスクの検査装置を示す。同図の装置は、XYステージ上の支持台14上に載置されたフォトマスク1を透過照明する透過照明系2と、結像レンズ3と、撮像カメ

ラ4-1、4-2、4-3と、フレームメモリ5-1、5-2、5-3と、画像比較手段6-1、6-2、6-3と、パターン設計データを入力する磁気テープ装置7-1、7-2と、設計パターンを展開するフレームメモリ8-1、8-2と、輪郭抽出手段9と、画像合成手段10と、欠陥判定手段11などによって構成される。

【0026】撮像カメラ4-1には結像レンズ3によりフォトマスク1の拡大パターン像がベストフォーカス状態に投影され、撮像カメラ4-2には若干前ピン方向にデフォーカスして投影され、撮像カメラ4-3には若干後ピン方向にデフォーカスして投影されるよう構成されている。フレームメモリ5-1、5-2、5-3はそれぞれ撮像カメラ4-1、4-2、4-3からの画像信号データを一時記憶するものである。各比較手段6-1、6-2、6-3はそれぞれ前記図4に示される周知の検査装置における比較手段24と同様のものが使用される。輪郭抽出手段9も周知のものであり、画像合成手段10は、例えばフレームメモリ8-1からのデータ信号と輪郭抽出手段9からのデータ信号とのOR(論理和)を行なうものでよい。

【0027】図2の検査装置においては、透過照明系2によって透過照明されたフォトマスク1の拡大画像がそれぞれ撮像カメラ4-1、4-2、4-3によりベストフォーカス、前ピン、後ピン状態で検出され各フレームメモリ5-1、5-2、5-3を経て画像比較手段6-1、6-2、6-3に入力される。

【0028】一方、磁気テープ装置7-1からクロムパターン部の設計データがかつ磁気テープ装置7-2からは位相シフト層部の設計データがそれぞれ入力され各フレームメモリ8-1および8-2上にパターン展開される。フレームメモリ8-2から出力された位相シフト層部のパターンデータは輪郭抽出手段でエッジを表す線画に変換され、画像合成手段10において前記フレームメモリ8-1からのクロムパターン部のデータと合成される。これにより、パターン設計データの参照画像に対応する画像データが作られる。

【0029】このようにして生成された参照画像のデータは前記各比較手段6-1、6-2、6-3においてそれぞれ各フレームメモリ5-1、5-2、5-3からの画像データと比較され、各フォーカス状態での欠陥検出が行なわれる。そして、各比較手段6-1、6-2、6-3の比較結果は欠陥判定手段11に入力され総合的にパターン欠陥の判定が行なわれる。

【0030】なお、図2の装置は、いわゆるデータ比較方式として構成されているが、パターン設計データで作られた参照画像を隣接ダイ(チップ)からの画像に置き換えることによりチップ比較方式の検査装置として実施することも可能である。

【0031】図3は、本発明の第2の実施例に係わるフォトマスクの検査装置を示す。図3の装置においては、

7

3台の撮像カメラ4-1, 4-2, 4-3からの画像をフレームメモリ5-1, 5-2, 5-3に入力するまでの部分は図2のものと同じである。また、各磁気テープ装置7-1, 7-2からのクロムパターン部および位相シフト層部の設計データを合成して画像合成手段10により参照画像のパターン設計データを得る部分も図2のものと同じである。

【0032】図2のものと異なるところは、各フレームメモリ5-2, 5-3の出力をそれぞれ孤立点抽出手段12-1, 12-2に入力し、デフォーカスされた画像から暗点部分を抽出し、画像合成手段13でフレームメモリ5-1からのベストフォーカスの画像と合成する。この合成は、ベストフォーカス画像のパターン部とデフォーカス画像の暗点部のORを取るものでよい。このようにして合成された画像データは画像比較手段6で前記画像合成手段10からの参照画像の設計データと比較され、かつその比較結果が欠陥判定手段11に入力されて総合的に欠陥が検出される。この実施例によれば、画像比較手段6が1系統のみとなり、装置構成を簡略化することができる。

【0033】なお、この第2の実施例においても、データ比較方式で検査を行なうよう構成されているが、パターン設計データで付けられた参照画像データを、隣接ダイ(チップ)からの画像データに置き換えることにより、チップ比較方式の検査装置として実施できることは明らかである。

【0034】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、従来の検査装置で検出可能であった欠陥、異物は勿論、従来の検査装置では検出が不可能あるいは困難であった位相シフトフォトマスクの透過部に設けられたシフト層の欠陥、透明および半透明の異物などについても正確に検出することが可能となる。これにより、さらに高密度の集積回路装置に使用される位相シフトレチクルの欠陥およ

8

び異物も適確に検査することが可能となり、より高集積度かつより高品質の半導体装置の製造が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】位相シフト層のような透明膜を透過照明し、顕微鏡で観察した場合の像の明暗の強度を示す説明図であり、同図(a)は透明膜を上から見た平面図、同図(b)はA-A'線に沿った断面図、同図(c)はA-A'線における透過光強度を示す説明図である。

【図2】本発明の第1の実施例に係わるフォトマスクの検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第2の実施例に係わるフォトマスクの検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

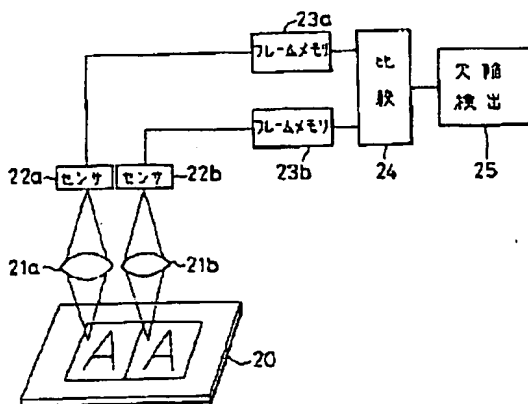
【図4】従来のチップ比較方式の欠陥検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図5】従来のデータ比較方式の欠陥検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

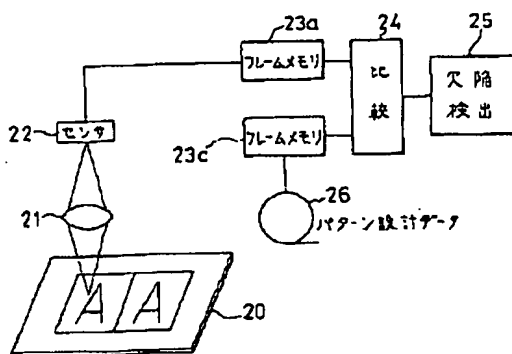
【符号の説明】

- 1 フォトマスク
- 2 透過照明系
- 3 結像レンズ
- 4-1, 4-2, 4-3 撮像カメラ
- 5-1, 5-2, 5-3 フレームメモリ
- 6, 6-1, 6-2, 6-3 画像比較手段
- 7-1, 7-2 磁気テープ装置
- 8-1, 8-2 設計データ用フレームメモリ
- 9 輪郭抽出手段
- 10 画像合成手段
- 11 欠陥判定手段
- 12-1, 12-2 孤立点抽出手段
- 13 画像合成手段
- 14 XYステージ上フォトマスク支持台
- 1a 透明膜パターン
- 1b ピンホール欠陥
- 1c ピンスポット欠陥

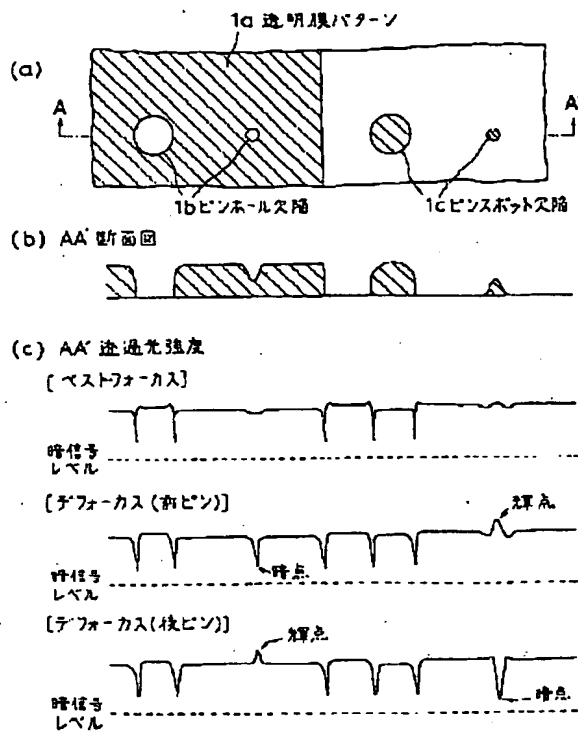
【図4】



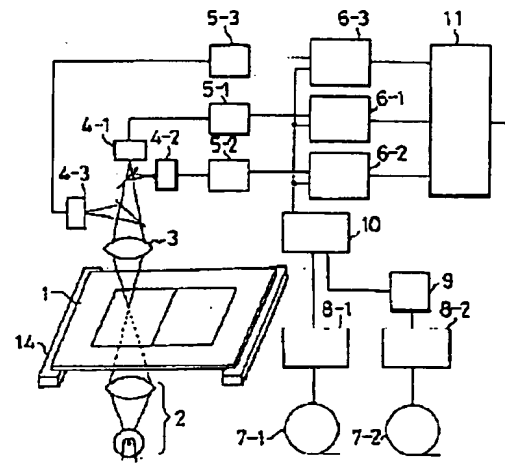
【図5】



【図1】



【図2】



【図3】

